

«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»  
РАЗРАБОТКА АППАРАТНО – ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАННЕЙ  
ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

М.Г. Григорьев, Л.Н. Бабич

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Д.К. Авдеева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [Mishatpu@mail.ru](mailto:Mishatpu@mail.ru)

DEVELOPMENT OF HARDWARE AND SOFTWARE SYSTEM  
FOR EARLY DETECTION OF HEART DISEASE

M.G. Grigoriev, L.N. Babich,

Scientific Supervisor: Prof., Dr. D.K. Avdeeva

National Research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050,

E-mail: [Mishatpu@mail.ru](mailto:Mishatpu@mail.ru)

**Annotation.** *Precision methods and devices for diagnostics of cardiovascular diseases are one of the main directions for development of modern technology in the field of medical instrument engineering. However, there are no small devices that allow for the diagnostics of cardiac muscle with precision accuracy and without operative intervention at this stage. This study presents the problems associated with cardiovascular diseases (CVD) and the analysis of various organizations engaged in development of efficient means for CVD diagnostics. Two-component FitzHugh - Nagumo model and heart condition imaging algorithm are considered. Aspects of work aimed at designing and developing of the hardware and software complex based on the information obtained with the help of an electrocardiograph on nanosensors. The obtained results are presented.*

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) опубликовала отчет о неинфекционных заболеваниях, которыми подвержено человечество. В основе этого отчета были статистические данные ставшие результатом проведенных исследований служб здравоохранения 193 стран. По данным ВОЗ, сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются виновниками 48% смертей, различные виды рака – 21%, хронические болезни дыхательных путей убивают 12% людей, а сахарный диабет – 3%. Из 58 млн смертей в 2008 году 36 млн были вызваны этими болезнями. Статистика указывает на то, что сердечно – сосудистые заболевания стремительно молодеют. Уже после 35 лет болезни сердца диагностируются у 10 % населения. Более 5 млн человек погибших от ССЗ умерли в достаточно молодом возрасте. Среди них 22% были мужчины и 35% составили женщины в экономически отсталых странах, а также 8% мужчин и 10% женщин из экономически развитых стран. В России, в 2008 году от сердечно-сосудистых заболеваний погибли 1 млн. 232 тыс. 182 человека (рис. 1)[1,2].

## «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

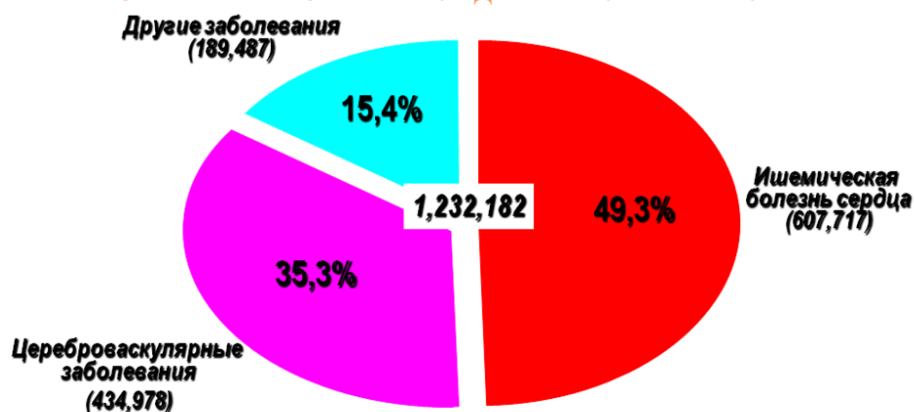


Рис. 1. Отчет ВОЗ по ССЗ за 2008 г.

Электрокардиография – набор методов и способов регистрации и исследования электрических полей, создаваемых сердцем во время его работы. Электрокардиография это не дорогой, но ценный метод диагностики в кардиологии. Прямым результатом электрокардиографии является электрокардиограмма (ЭКГ). ЭКГ – графическая реализация разности потенциалов, образующихся в результате работы сердца и проецирующихся на поверхности тела. Возникающие, в определенный момент работы сердца, вектора потенциалов действия усредняются и отражаются на ЭКГ. Впервые кардиографические исследования были проведены в конце 19-го века шотландским ученым Александром Мьюхэдом [3].

Для симулирования процесса распространения возбуждения предложена одна из моделей возбудимых сред [4], двухкомпонентная модель Фитц – Хью – Нагумо которая содержит быструю переменную  $u$ , соответствующую мембранному потенциалу в полной модели, и медленную переменную  $v$ .

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C\varepsilon^{-1} \cdot \left( u - \frac{u^3}{3} - v \right) + \Delta u,$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \varepsilon \cdot (u + \beta - \gamma v),$$

где  $C$ ,  $\varepsilon$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , - параметры модели, причем параметр  $\varepsilon$  предполагается малым:  $\varepsilon \ll 1$ . При этом связи между клетками сердечной мышцы описываются диффузионными членами уравнений, а динамика отдельной клетки – реакционными нелинейными членами уравнений. Проведя ряд экспериментов, были определены параметры модели, при которых система лучше всего соответствует свойствам сердечной мышцы:  $C = 1.0$ ,  $\varepsilon = 0.1$ ,  $\beta = 0.004$ ,  $\gamma = 0.03$ .

Для реализации моделирования процесса распространения возбуждения в сердце, в рамках концепции оценки состояния сердечно-сосудистой системы (ССС), на базе лаборатории № 63 института неразрушающего контроля предполагается разработка аппаратно – программного комплекса. Алгоритм работы АПК представлен на рисунке 2.

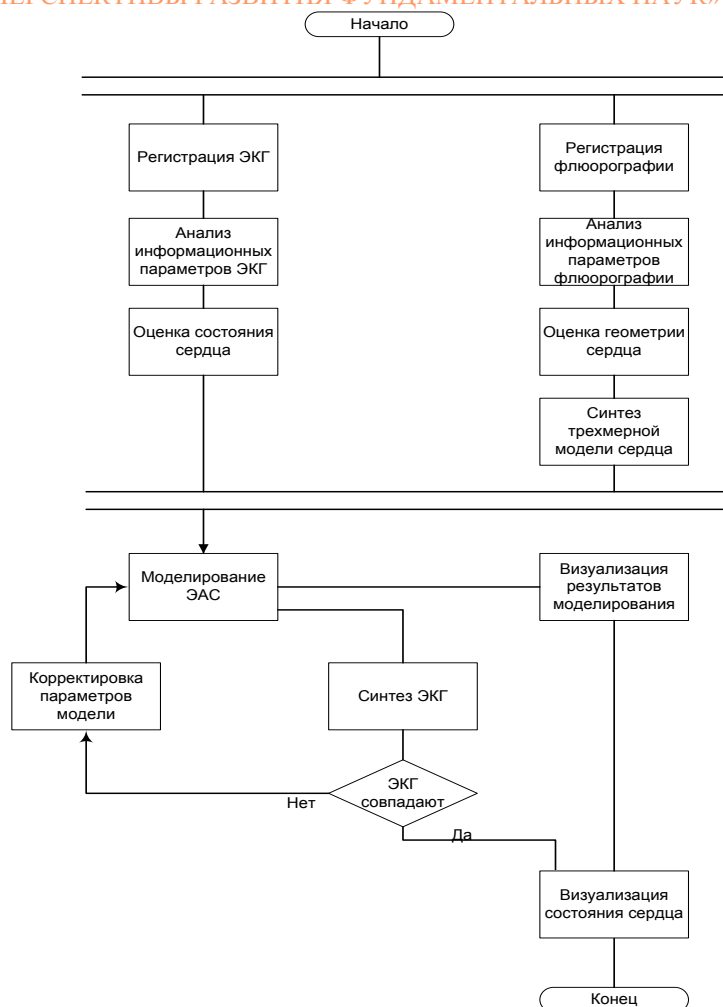


Рис. 2. Алгоритм моделирования процесса визуализации состояния сердца.

Основываясь на результатах моделирования, производится графическая визуализация распространения возбуждения на поверхности сердца пациента.

Использование модели электрической активности сердца позволяет определить «электрический портрет» сердца пациента в течении кардицикла, что дает возможность извлечения диагностических признаков при анализе косвенных параметров, определяемых на основе моделирования электрических процессов в сердце и выходных данных с электрокардиографа на наносенсорах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сердечно - сосудистые заболевания. Информационный бюллетень N°317. // Сайт ВОЗ [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/index.html>. – 11.01.2015.
2. Baranov V.A., Avdeeva D.K., Pen'kov P.G., Yuzhakov M.M., Grigoriev M.G.. Structural approach to the inverse problems of computational diagnostics in cardiology // Biology and Medicine. – 2014. – V. 6. – pp. 01–09.
3. Alexander Muirhead // Wikipedia.com: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander\\_Muirhead](http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Muirhead). - 11.01.2015.
4. Простейшие модели возбудимых сред // Mathematical Cell: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.mathcell.ru/ru/obzors/obzor\\_Elkin2](http://www.mathcell.ru/ru/obzors/obzor_Elkin2). - 27.01.2015.